

水撃圧による小口径塩ビ管の破損事故
 Damaged accidents for small-diameter PVC pipes by Water Hammer

○田中良和
 ○Yoshikazu Tanaka

1. はじめに

高圧パイプラインシステムは、圃場にてスプリンクラーによる散水ができる適切な圧力を支線パイプラインの給水栓まで確保するために、減圧水槽、減圧弁および安全弁などの様々な水利施設や流体機器が設置されている。一年を通して水が利用される畑地かんがいでは、管破損事故は営農や現場復旧に大きな損失と負担を強いるために極力避けなければならないことである。本稿は、塩ビ管の破壊の種類を特定して、どのような荷重が破損の原因であったかを同定し、破裂した塩ビ管の破裂事故原因の究明やストックマネジメントに資することを目的としている。

2. 調査

2.1 対象地区：沖縄県 A 島の B 土地改良区が管理する小口径塩ビ管（口径 100～300mm）である。A 島の地層は、地表から地下に向かって、島尻マーヅ、琉球石灰岩および島尻層の順で構成される。石灰は浸透性があるため、島には河川がない。昭和 62 年度に国営かんがい排水事業が着工され、地下ダムを水源とする送配水パイプラインシステムと約 8,160ha の圃場が平成 12 年度に完成した。

2.2 方法：B 土地改良

区が管理している小口径塩ビ管の補修工事に関する資料について過去 7 年間の破裂事故の概要を把握した。具体的には、「竣工検査報告書」、「工事目的物引渡書」、「数量総括表」、「数量計算書」、「施工状況写

表 1 管水路補修工事の整理項目

①工事名	⑪割れの長さ(mm)
②契約開始日	⑫割れの周方向位置（時計方角）
③竣工日	⑬埋め戻し基礎材
④施設名	⑭埋設深(m)
⑤場所	⑮車道・歩道・圃場
⑥補修費(円)	⑯道路状況（カーブ・交差点・直線）
⑦管種	⑰舗装の有無
⑧管径(mm)	⑱道路幅(m)
⑨破損の種類	⑲備考
⑩割れ方向（軸方向・周方向）	

真」および「平面図」から破損事故歴を調べ、表 1 の項目について整理した。さらに、破裂事故で破壊した塩ビ管 4 本を収集して、断面について破面解析の知見に基づいて破面観察を行った。ここで、破面解析（クラフトグラフィ）の知見を援用して破面に記録された破壊の過程を推察し、管内の圧力水頭を計測して、破裂した塩ビ管の破裂事故の原因究明を試みた。

3. 結果

主要な破損は口径 100～200mm の塩ビ管による軸方向の割れであった。き裂の位置は施工状況写真に撮影されていない場合が多数であったが、記録のある場合は 12 時の方角（管頂）が最も多く、2 時 10 時や 5 時 7 時の方角も多数あったが、3 時 9 時などの水平方向は少なかった。管の軸方向に沿った割れは、長さ 100～200mm 程度のき裂が多かった。施工状況写真を観察から、この

農研機構 農村工学研究所 Institute for Rural Engineering、塩ビ管、破面解析、疲労破壊、水撃圧

き裂は鋸歯状の細かいギザギザの形状の特長があるため疲労破壊である可能性が高い。この特長を持つき裂が発展して、長さが 200mm 以上になると、延長が 3m 以上にもなる鋭利な破面が特徴的なき裂になることが確認された。疲労破壊から脆性破壊に至った可能性が示唆された。

破面解析を行った結果、き裂発生起点は 2 箇所あった。1 箇所目は管の内面側である。2 箇所目は断面内部の変色した箇所である。2 箇所目には段差模様（ラチェットマーク）が発生しており、瞬間的な過大な応力によってき裂が発生したと推察される。き裂の断面には、縞模様（ビーチマークまたはストライエーション）が確認され、疲労破壊であることが推察された。

疲労破壊が過去 16 件以上おこった VP200 のパイプライン地区において、空気弁 2 か所にひずみ式圧力計を設置して、管内の圧力水頭を計測した（図 1）。7 月初旬の圧力水頭の一日の変化は、図 2 のようになった。この圧力水頭の起伏は、自動給水栓における弁閉塞が原因と考えられる水撃圧の発生を表している。自動給水栓の仕様では、水撃圧は発生しないはずであるが、経年劣化によって、弁が瞬時に閉塞して水撃圧を発生するようになった。

圧力水頭の変化からベルヌーイの定理を用いて用水需要の変化を読み解くと、午前 7 時ごろ用水需要が増加する。これは、兼業農家が出勤前に自動給水栓を開けるためと考えられる。午後には用水需要は鈍るが、午後 4 時ごろから再び増加し、午後 9 時頃まで用水を使用していることがわかる。日中は給水栓の操作回数が多く、管内の圧力は常に振動しており、夜間でもサトウキビには水をまく人がおり、若干振動しているのが実態である。

用水の使い始めに、大きな水撃圧が生じていることがわかったが、その大きさは設計水圧の半分であった。よって、自動給水栓の操作が、塩ビ管の疲労破壊の要因の一つであると考えられる。



図 1 管内の圧力水頭の計測箇所

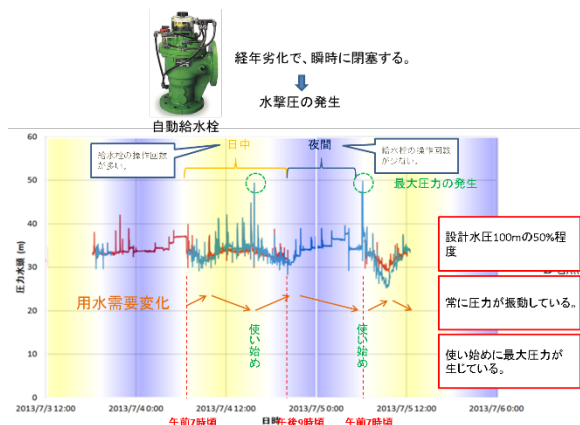


図 2 圧力水頭の変化

4. 考察

疲労破壊の原因である繰り返し荷重の具体的な現象は、現地観測において、末端の自動給水栓の弁閉塞後に管破損が生じた経験を考慮すると、その一つは日常的な農家の水管理によって繰り返し生じる水撃現象であることが推察された。ただし、現地調査や水理解析の結果より水撃圧は設計水圧内であったため、たとえ、設計水圧以内であっても、疲労により塩ビ管の強度を低下させている可能性が高い。